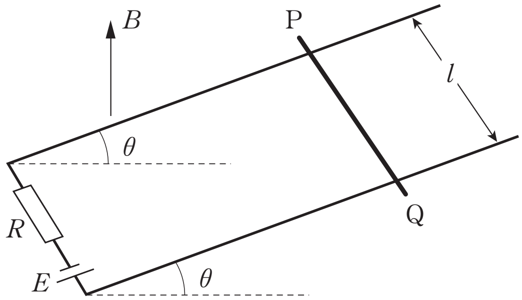
第３講　電磁気学

5



図のように，磁束密度B〔T〕の鉛直上向きの一様な磁場中に，長い２本の平行な導体のレールが水平面に対して角度θ〔rad〕$\left(0 < \theta < \dfrac{\pi}{2}\right)$で固定されており，レールの下端には，起電力$E$〔V〕の電池と抵抗値$R$〔Ω〕の抵抗が接続されている。レールの間隔は$l$〔m〕である。レールの上に質量$m$〔kg〕の導体棒PQをレールに直角に静かに置く。導体棒PQはつねにレールに直角に接したままレールの上を運動できるとする。レールと導体棒の電気抵抗，レールと導体棒の間の摩擦，導体棒の運動に伴う空気抵抗，回路の自己誘導は無視できるものとする。重力加速度の大きさをg〔m/s²〕として，以下の問に答えよ。

(1)　導体棒PQがレール上で静止する時の電池の起電力をE_0〔V〕とする。この起電力E_0を求めよ。

以下では，電池の起電力EがE_0より大きい場合$(E > E_0)$について考える。この場合には，導体棒はレールに沿って上向きに動き始める。その後，導体棒の速さは徐々に増大する。導体棒の速さがv〔m/s〕になったときについて考える。

(2)　導体棒に生じる誘導起電力の大きさを求めよ。

(3)　導体棒に流れる電流の大きさを求めよ。

(4)　導体棒が磁場から受ける力の大きさを求めよ。

十分に長い時間がたつと，導体棒は一定の速度で運動するようになる。このときについて考える。

(5)　導体棒の速度の大きさを求めよ。

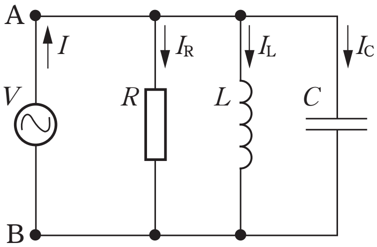
(6)　導体棒に流れる電流の大きさを求めよ。

(7)　次の文中の［　　］には数式，[　　]には適切な語句を記入せよ。

電池が回路全体に供給する電力P_0は，P_0＝［(ア)］〔W〕である。この電力P_0は，抵抗での１秒間あたりの[(イ)]P_1＝［(ウ)］〔J/s〕と導体棒の１秒間あたりの[(エ)]P_2＝［(オ)］〔J/s〕に使われる。これら３つの量P_0，P_1，P_2の間には，［(カ)］の関係があり，エネルギーの保存則が[(キ)]ことがわかる。

6

図のように，抵抗値Rの抵抗，自己インダクタンスLのコイル，電気容量Cのコンデンサーを接続した。この回路に交流電源を接続し，点Bに対する点Aの電位が$V = V_0 \sin \omega t$となる電圧を加えた。ここで，V_0はVの最大値，ωは角周波数，tは時刻である。抵抗，コイル，コンデンサーに流れる電流をそれぞれI_R，I_L，I_Cとし，図の矢印の向きの電流を正として，以下の文中の□内に入れるのに適当なものを解答群の中からひとつ選べ。



抵抗に流れる電流は$I_R =$ [(1)] $\times \sin($[(2)]$)$となる。コイルに流れる電流I_Lの最大値は[(3)]であり，コイルに流れる電流の位相は電圧の位相より$\frac{\pi}{2}$だけ遅れるから，

$I_L =$ [(3)] $\times \sin($[(4)]$) =$ [(5)] $\times \cos \omega t$と表せる。

コンデンサーに流れる電流I_Cの最大値は[(6)]であり，コンデンサーに流れる電流の位相は電圧の位相より$\frac{\pi}{2}$だけ進むから，

$I_C =$ [(6)] $\times \sin($[(7)]$) =$ [(8)] $\times \cos \omega t$ と表せる。

以上より，電源を流れる電流は，

$I = I_R + I_L + I_C =$ [(9)] $\times \sin \omega t +$ [(10)] $\times \cos \omega t$ と表せる。これを，インピーダンスZと，電源電圧と電流との位相差θを用いて$I = \frac{V_0}{Z} \sin(\omega t + \theta)$という形に表すと，$\frac{1}{Z} =$ [(11)]，

$\tan \theta =$ [(12)] $\left(-\frac{\pi}{2} \leqq \theta \leqq \frac{\pi}{2} \right)$となる。したがって，電源に流れる電流が最小になるのは，

$\omega =$ [(13)]のときである。

解答群

〔11〕 $\dfrac{V_0}{R}$　〔12〕 $-\dfrac{V_0}{R}$　〔13〕 RV_0　〔14〕 $-RV_0$　〔15〕 $\dfrac{V_0}{\omega L}$

〔16〕 $-\dfrac{V_0}{\omega L}$　〔17〕 ωLV_0　〔18〕 $-\omega LV_0$　〔19〕 $\dfrac{V_0}{\omega C}$　〔20〕 $-\dfrac{V_0}{\omega C}$

〔21〕 ωCV_0　〔22〕 $-\omega CV_0$　〔23〕 $\omega t-\dfrac{\pi}{2}$　〔24〕 ωt　〔25〕 $\omega t+\dfrac{\pi}{2}$

〔26〕 $\left(\omega C-\dfrac{1}{\omega L}\right)V_0$　〔27〕 $\left(\omega L-\dfrac{1}{\omega C}\right)V_0$　〔28〕 $\left(\omega C+\dfrac{1}{\omega L}\right)V_0$

〔29〕 $\sqrt{R^2+\left(\omega C-\dfrac{1}{\omega L}\right)^2}$　〔30〕 $\sqrt{\left(\dfrac{1}{R}\right)^2+\left(\omega C-\dfrac{1}{\omega L}\right)^2}$

〔31〕 $\sqrt{\left(\dfrac{1}{R}\right)^2+\left(\omega L-\dfrac{1}{\omega C}\right)^2}$　〔32〕 $\dfrac{\omega C-\dfrac{1}{\omega L}}{R}$　〔33〕 $\dfrac{\omega L-\dfrac{1}{\omega C}}{\dfrac{1}{R}}$

〔34〕 $\dfrac{\omega C-\dfrac{1}{\omega L}}{\dfrac{1}{R}}$　〔35〕 $\sqrt{\dfrac{C}{L}}$　〔36〕 $\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$　〔37〕 $\dfrac{1}{\sqrt{LC}}$

第３講

5

(1) $\dfrac{mgR\sin\theta}{Bl\cos\theta}$　(2) $vBl\cos\theta$　(3) $\dfrac{E-vBl\cos\theta}{R}$

(4) $\dfrac{(E-vBl\cos\theta)Bl}{R}$　(5) $\dfrac{1}{Bl\cos\theta}\left(E-\dfrac{mgR\sin\theta}{Bl\cos\theta}\right)$

(6) $\dfrac{mg\sin\theta}{Bl\cos\theta}$

(7) (ア) $\dfrac{mgE\sin\theta}{Bl\cos\theta}$

(イ) ジュール熱

(ウ) $R\left(\dfrac{mg\sin\theta}{Bl\cos\theta}\right)^2$

(エ) 位置エネルギーの増加

(オ) $\dfrac{mg\sin\theta}{Bl\cos\theta}\left(E-\dfrac{mgR\sin\theta}{Bl\cos\theta}\right)$

(カ) $P_0=P_1+P_2$

(キ) 成り立つ

6

(1)〔11〕　(2)〔24〕　(3)〔15〕　(4)〔23〕　(5)〔16〕

(6)〔21〕　(7)〔25〕　(8)〔21〕　(9)〔11〕　(10)〔26〕

(11)〔30〕　(12)〔34〕　(13)〔37〕